

УДК 004.42

РОЗРОБКА МІКРОПРОЦЕСОРНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ РОБОТОМ-МАНІПУЛЯТОРОМ**Голубєв Л. П., Тесленко В. С., Бойко О. С.**

Київський національний університет технологій та дизайну

Мета.** Розробка мікропроцесорної системи керування роботом-маніпулятором.*Методика.** Теоретичні дослідження проводилися на базі спеціальних розробок в теорії управління методом моделювання і теорії прийняття рішень. Дослідження проводилися на системі керування рухом ланок робота-маніпулятора, побудованого на базі персонального комп'ютера (PC) і контролера управління рухом робочих вузлів робота.****Результати.** Досліджено технологію роботи робота-маніпулятора і виконано розробку програмного і технічного забезпечення для системи керування роботом-маніпулятором.****Наукова новизна.** Розроблено нову технологію керування роботом-маніпулятором, розроблено новий підхід до створення самонавчальної системи керування роботом-маніпулятором.****Практична значимість.** Розроблений метод керування роботом-маніпулятором може бути застосований в багатьох роботизованих виробничих системах.****Ключові слова:** робот-маніпулятор, Arduino, серводвигун, самонавчальна система*

Роботизація є частиною комплексної автоматизації виробництва, її основною складовою. На практиці цей процес полягає в застосуванні роботів і роботизованих систем на підприємствах в промисловому масштабі. Автоматичні лінії можна оснастити промисловими роботами, наявність яких позитивно відобразиться на функціонуванні всього комплексу обладнання. Також такі механізми можуть бути включені в гнучкі автоматизовані виробництва. Переваги промислових роботів в тому, що для їх перенастрою на виготовлення інших виробів не потрібно особливих витрат, що забезпечує процес випуску продукції достатню універсальність.

До переваг роботизації виробництва відносяться:

- 1) скорочення чисельності робочого персоналу;
- 2) загальне зростання обсягів виробництва готової продукції;
- 3) відсутність необхідності навчання робочого персоналу;
- 4) використання промислових роботів на шкідливих ділянках виробництва;
- 5) зменшення витрат матеріалів за рахунок високої точності промислових роботів;
- 6) економія виробничих площ;

7) висока технологічна гнучкість виробництва;

8) підвищення загальної якості продукції.

Роботи-маніпулятори сьогодні є переважаючими в сучасному виробництві. Тому питання дослідження і удосконалення технології роботи систем управління роботом-маніпулятором є на сьогоднішній день особливо актуальним.

Постановка завдання

Незважаючи на велике різноманіття систем роботів-маніпуляторів, що застосовуються на виробництві ми досліджували найбільш універсальну 6-ступеневу систему робота-маніпулятора з електромеханічним захватом [1, 2].

Створено працюючий макет робота-маніпулятора, проведені дослідження особливостей його роботи і виявлені наступні задачі:

- 1) визначення можливостей по реалізації цифрового управління роботом-маніпулятором з використанням персонального комп'ютера і мікроконтролера;
- 2) розробка мікропроцесорної системи управління рухом ланок робота-маніпулятора;
- 3) визначення режимів роботи інтерфейсу між роботом і ПК;
- 4) забезпечення роботи системи в двох режимах – ручному (в режимі навчання) і автоматичному (робота по записаній програмі).

Результати досліджень

Кінематичний механізм робота-маніпулятора. Об'єктом дослідження є робот-маніпулятор з 6-ма ступенями свободи, з яких 2 є обертовими, а 4 – поступальними. Кінематична схема робота-маніпулятора наведена на рис. 1.

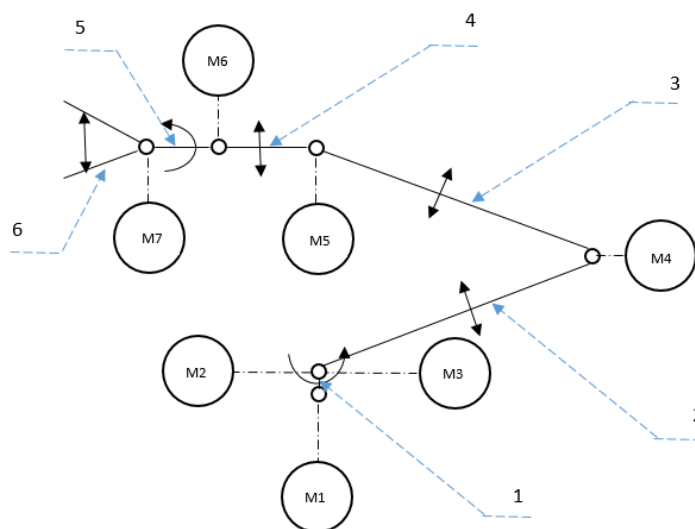


Рис. 1. Кінематична схема робота-маніпулятора

На кінематичній схемі серводвигуни позначені М1-М7. Ланки маніпулятора позначені цифрами 1-5. Кінцевим виконавчим механізмом є електромеханічний захват 6. Зовнішній вигляд електромеханічного захвату наведено на рис. 2.

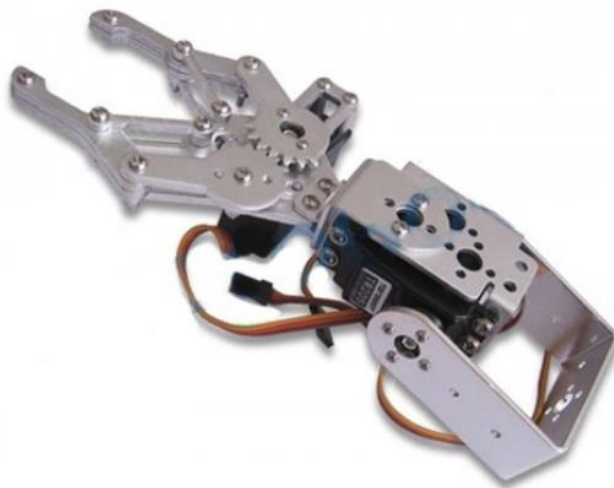


Рис. 2. Електромеханічний захват

Завдяки обертовим ступеням свободи (ланки 1 і 5) робот може здійснювати обертання вліво і вправо всім механізмом, або захватом. Для додання лінійного переміщення уздовж поступальних ступенів свободи використовуються ланки 2-4. У кожному з приводів використані сервоприводи MG996R.

Характеристики двигунів MG996R:

Вага – 55g

Розміри 40.7 * 19.7 * 42.9 мм

Обертаючий момент 10kg/cm

Швидкість 0.20sec / 60degree (4.8v)

Напруга живлення 4.8-7.2V

- керуючий сигнал: ШІМ;
- тип підсилювача: цифровий контролер;
- імпульсний діапазон: 500 ~ 2500 msec;
- нейтральне положення: 1500msec;
- запуск 180 градусів $\pm 2^\circ$ (при 500 ~ 2500usec);
- мертва зона: 4 мксек;
- напрямок обертання - проти годинникової стрілки (при 500 ~ 2500msec).

Вибір двигунів обумовлений надійністю і точністю роботи за рахунок застосування металевого редуктора. Зовнішній вигляд робота-маніпулятора наведено на рис. 3.

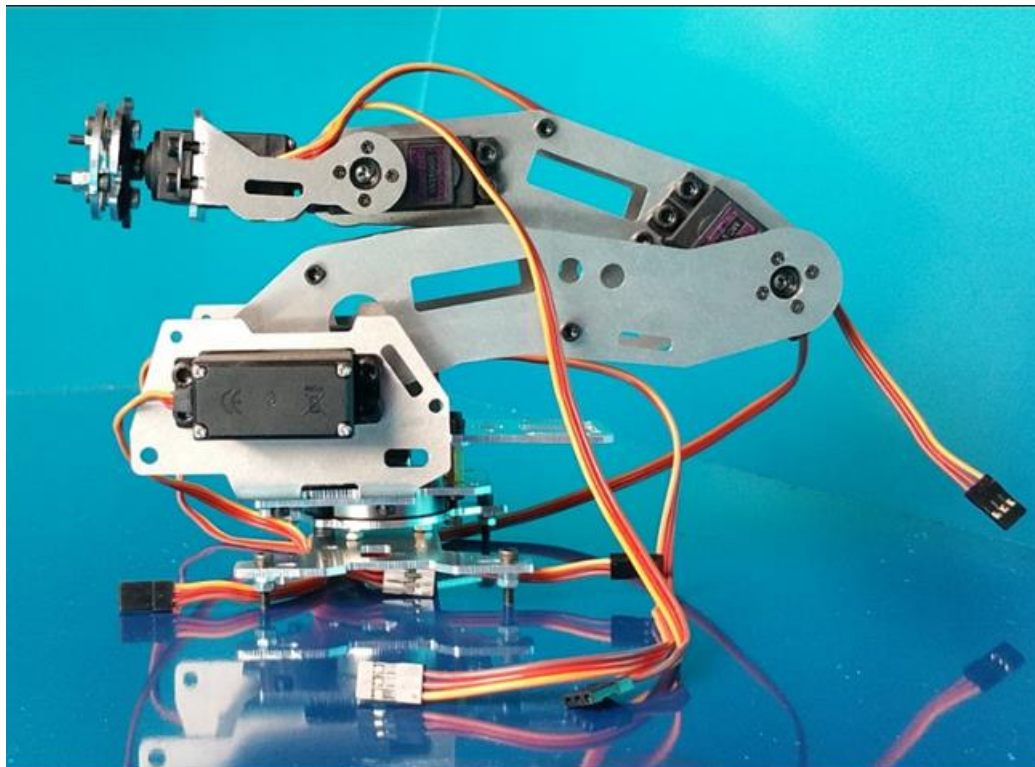


Рис. 3. Робот-маніпулятор з 6-ма ступенями свободи

Приводи ланок маніпулятора жорстко посаджені на вали відповідних серводвигунів, що забезпечує точність і надійність з'єднання. Для збільшення зусилля по повороту платформи двигуни M2 і M3 працюють синхронно.

Мікропроцесорне управління роботом-маніпулятором

Управління рухом ланок робота здійснюється за допомогою мікропроцесорної системи Arduino Uno [3, 4]. Для силового забезпечення роботи серводвигунів робота необхідно використовувати окремий блок живлення з струмом 5А, тому що в момент старту серводвигуни споживають значний струм (до 0.7 А кожен).

В Arduino Uno завантажений розроблений скетч. Для роботи серводвигунів використовувалася бібліотека <Servo.h>

За кількістю серводвигунів в системі створено 7 об'єктів типу Servo:

```
Servo myservo1; // Поворот платформи  
Servo myservo2_1; // 2 плече поворот  
Servo myservo2_2; // 2 плече поворот
```

```
Servo myservo3; // 3 плече  
Servo myservo4; // 4 плече  
Servo myservo5; // 5 поворот захвату  
Servo myservo6; // 6 захват
```

Підключення до пінів Arduino Uno здійснюється за допомогою команд:

```
myservo1.attach(9);  
myservo2_1.attach(10);  
myservo2_2.attach(11);  
myservo3.attach(12);  
myservo4.attach(13);  
myservo5.attach(4);  
myservo6.attach(5);
```

Далі система очікує приходу команди від персонального комп'ютера. Якщо команда поступила і вона розпізнана система приступає до її виконання. Нижче наведено фрагмент коду відпрацювання повороту маніпулятора вліво.

```
if (strcmp(str, "left") == 0) // Якщо передано команду  
"left" - повертаємо проти годинникової  
{  
    grad0=grad0+10;  
    myservo1.write(grad0);  
}
```

Для повернення в початковий стан написана функція `reset ()`, яка встановлює всі серводвигуни в вихідний стан.

Управління роботом-маніпулятором з персонального комп'ютера (ноутбука).

Для управління рухом ланок робота-маніпулятора з ПК був розроблений інтерфейс оператора робота-маніпулятора. Він являє собою вікно, представлене на рис. 4.

Послідовність дій оператора при роботі з програмою:

- 1) знайти вільний com-порт;
- 2) підключитися до вибраного порту. Якщо підключення не вдалося – програма видає відповідне повідомлення;
- 3) виконати програмне скидання системи (встановити в початкове положення ланки робота-маніпулятора - функція `reset ()`);
- 4) включити режим запису команд оператора в файл;
- 5) виконати послідовність команд по переміщенню ланок робота в потрібне положення;

- б) домогтися правильної послідовності дій;
- 7) перейти в режим автоматичного виконання записаної програми;
- 8) після відпрацювання програми скинути систему;
- 9) відключитися від комп'ютера (com-порту).

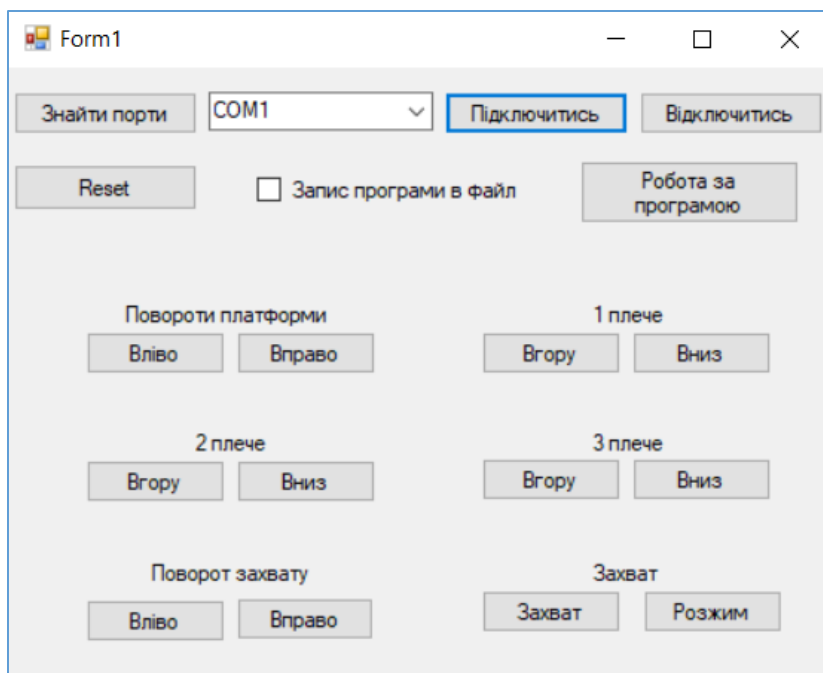


Рис. 4. Інтерфейс програми управління роботою робота-маніпулятора

Нижче наведено фрагмент програми, що виконує поворот платформи робота проти годинникової стрілки і запис відповідної команди в файл.

```
private void button1_Click(object sender, EventArgs e)
{
    // Передача даних з текстового поля в порт
    serialPort1.Write("left");

    if (checkBox1.Checked == true)
    {
        using (StreamWriter sw =
File.AppendText(Filepath))
            sw.WriteLine("left");
    }
}
```

Аналогічно програмно виконуються й інші дії з управління ланками і захватом робота. При цьому, якщо встановлений режим запису команд в файл, то всі відповідні дії оператора (команди) записуються в файл command.txt.

Висновки

В результаті проведених досліджень була розроблена кінематична схема робота-маніпулятора з 6-ма ступенями свободи. Був також створений працюючий макет робота-маніпулятора. Розроблена мікропроцесорна система управління роботом за допомогою Arduino Uno.

За допомогою розробленого програмного інтерфейсу оператор, після підключення до мікропроцесорної системи управління роботом, керує положенням ланок робота і виконує захват деталі. При цьому команди оператора записуються в файл. Таким чином оператор виконує процедуру навчання робота і домагається правильної його роботи.

Після успішного навчання робот може виконувати записані в програму дії потрібну кількість разів.

Список використаних джерел

1. Юревич Е. И. Основы робототехники. – 2-е изд., перераб. и доп.– СПб.: БХВ – Петербург, 2005. – 416 с.
2. Никитин К. Д. Основы робототехники / К. Д. Никитин, Н. В. Василенко, В. П. Пономарёв, А. Ю. Смолин – ТОМСК МГП «РАСКО» 2013. – 238 с.
3. Голубев Л. П. Использование микропроцессоров при создании автоматизированных систем управления / Л. П. Голубев, Б. В. Можчиль, Є. Ю. Фетисенко // Технології та дизайн. – 2016. – № 3. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/td_2016_3_16
4. Голубев Л. П. Автоматизированное удаленное управление устройствами при помощи Ардуино / В. Г. Столяров, Л. П. Голубев. // Технології та дизайн. – 2016. – № 4. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/td_2016_4_16

References

1. Yurevich, Ye.I. (2005). *Osnovy robototekhniki. – 2-e izd., pererab. i dop. [Basics of robotics]*. SPb. BKhV – Peterburg. [in Russian].
2. Nikitin, K.D., Vasilenko N.V., Ponomarev V.P. & Smolin A.Yu. (2013). *Osnovy robototekhniki [Basics of robotics]* – TOMSK. MGP «RASKO. [in Russian].
3. Golubev L.P., Mozhchil B.V. & Fetisenko Є.Yu. (2016). *Ispolzovanie mikroprotssessorov pri sozdanii avtomatizirovannykh sistem upravleniya* [The use of microprocessors in the creation of automated control systems]. *Tekhnologii ta dizayn - Technology and design* – Retrieved from: http://nbuv.gov.ua/UJRN/td_2016_3_16.
4. Golubev L.P. & Stolyarov V. G. (2016). *Avtomatizirovannoe udalennoe upravlenie ustroystvami pri pomoshchi Arduino* [Automated remote device control with Arduino] *Tekhnologii ta dizayn – Technology and design*. Retrieved from: http://nbuv.gov.ua/UJRN/td_2016_4_16 [in Ukrainian].

Golubev LeontiyORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2980-8017>golubevl@ukr.netKyiv National University of
Technologies and Design**Boyko Oleksandr**boykoo@ukr.netKyiv National University of
Technologies and Design**Teslenko Vladyslav**fastbloodq@gmail.comKyiv National University of
Technologies and Design**Разработка микропроцессорной системы управления роботом-манипулятором****Голубев Л. П., Тесленко В. С., Бойко А. С.**

Киевский национальный университет технологий и дизайна

Цель. Разработка микропроцессорной системы управления роботом-манипулятором.**Методика.** Теоретические исследования проводились на базе специальных разработок в теории управления методом моделирования и теории принятия решений. Исследования проводились на системе управления движением звеньев робота-манипулятора, построенного на базе персонального компьютера (ПК) и контроллера управления движением рабочих узлов робота.**Результаты исследований.** Выполнено исследование технологии работы робота-манипулятора и разработка программного и технического обеспечения для системы управления роботом-манипулятором.**Научная новизна.** Разработана новая технология управления роботом-манипулятором. Разработан новый подход к созданию самообучающейся системы управления роботом-манипулятором.**Практическая значимость.** Разработанный метод управления роботом-манипулятором может быть применен во многих роботизированных производственных системах.**Ключевые слова:** робот-манипулятор, Arduino, серводвигатель, самообучающаяся система**Development of the microprocessor control system of robot-manipulator****Golubev L. P., Teslenko V. S., Boyko O. S.**

Kiev National University of Technology and Design

Purpose. Development of the microprocessor control system of robot-manipulator.**Methodology.** Theoretical studies were conducted on the basis of special developments in the theory of control by modeling and decision-making theory. The research was carried out on the motion control system of the robot-manipulator units constructed on the basis of a personal computer (PC) and a workload control unit controller.**Findings.** The research of the robot-manipulator technology and the development of software and technical support for the robot-manipulator control system was performed.**Originality.** A new robot-manipulator control technology is developed. A new approach to creating a self-learning robot-manipulator control system is developed.**Practical value.** The developed robot manipulator control method can be applied in many robotic production systems.**Keywords:** robot-manipulator, Arduino, servomotor, self-learning system